



**STUDIO
INGEGNERIA
ARCHITETTURA
TOSTI E ASSOCIATI**

Studio Tecnico di Ingegneria e Architettura Ing. Giuseppe Tosti e Associati - Corso Vannucci, 10 - 06122 Perugia
Tel. +39 075 5721358 / +39 075 5731716 - Fax. +39 075 5716010 info@tostiassociati.191.it www.tostiassociati.it

ing. GIUSEPPE TOSTI
ing. MASSIMO TOSTI
ing. ANNA ANIBALLI
ing. GIAN PIERO BOLLETTI
arch. FRANCESCA CANGEMI
geom. MIRCO CASTELLANI



Comune di Matelica

RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO DELLA LOGGIA DEGLI OTTONI IN PIAZZA ENRICO MATTEI A MATELICA

progettazione strutturale:
ing. Gian Piero Bolletti
ing. Massimo Tosti

progettazione architettonica:
arch. Francesca Cangemi

aspetti economici
amministrativi:
geom. Mirco Castellani

data:
Ottobre 2017

aggiornamento:
mese/anno

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE SUI MATERIALI

timbro e firma

Indice

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	2
3	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	3
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	4
5.1	Opere in calcestruzzo armato	4
5.1.1	<i>Calcestruzzo per opere di fondazione tipo C 25/30.....</i>	<i>4</i>
5.1.2	<i>Calcestruzzo strutturale alleggerito con argilla espansa per elevazione tipo LC 30/33</i>	<i>4</i>
5.1.3	<i>Acciaio per C.A. tipo B450C</i>	<i>4</i>
5.1.4	<i>Legno massiccio (castagno):</i>	<i>5</i>
5.1.5	<i>Acciaio per piastre e profili S275.....</i>	<i>5</i>
5.1.6	<i>Bulloni e viti:</i>	<i>5</i>
5.2	Opere in muratura.....	6
5.2.1	<i>Muratura in mattoni pieni e malta di calce</i>	<i>7</i>
6	MATERIALI IMPIEGATI.....	9
6.1	Inerti.....	9
6.2	Acqua	9
6.3	Cemento	9
6.4	Acciaio da cemento armato	10

1 PREMESSA

Il presente elaborato costituisce la relazione sui materiali redatta nell'ambito del progetto di restauro e risanamento conservativo della Loggia degli Ottoni in Piazza Enrico Mattei a Matelica.

Nel dettaglio si riportano le caratteristiche dei materiali dell'esistente e quelle degli elementi strutturali previsti in fase di progetto al fine di migliorare il comportamento statico e sismico della struttura.

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La Loggia degli Ottoni di Matelica è una struttura di epoca cinquecentesca caratterizzata da pianta rettangolare di dimensioni circa 30.00x7.00m e altezza massima in gronda di circa 7.00 m. La struttura è realizzata in mattoni di laterizio faccia vista ed è costituita da un doppio ordine di colonne a sezione ottagonale, con capitelli in pietra calcarea alla base e in sommità, ad interasse reciproco di circa sei metri.

Sulle colonne si impostano archi in muratura a due teste sormontati da pareti in muratura su cui si intestano le strutture a capriate lignee della copertura.

La struttura di copertura è realizzata a capriate lignee di tipo semplice (doppio puntone, catena e monaco) poste ad un interasse reciproco di circa due metri. Sopra le capriate è poggiata l'orditura secondaria costituita da un unico ordine di travicelli di supporto al sovrastante pianellato in laterizio e del manto di copertura, anch'esso in laterizio, costituito da tegole e coppi.

3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Alla luce del quadro fessurativo e deformativo descritto nel dettaglio negli appositi elaborati di rilievo, il progetto di consolidamento strutturale prevede:

1. Sostituzione della copertura prevedendo l'ancoraggio degli elementi lignei alla muratura perimetrale mediante la messa in opera di una cordolatura in acciaio;
2. Realizzazione di cordoli di collegamento in c.c.a. in direzione trasversale, sotto la quota del pavimento;
3. Consolidamento delle colonne mediante posa in opera di piatti in acciaio disposti lungo l'intera altezza e resi solidali alle stesse con fasce in acciaio disposte ad interasse di circa 60 cm ed opportunamente serrate.

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche sulle Costruzioni"

Circolare n. 617/CSLLPP del 2 febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"

L. 02.02.1974, n. 64 Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche
OPCM 3274/2003 e s.m.i. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali per la realizzazione delle **nuove opere in progetto**: tetto in legno, cordoli in c.c.a., consolidamento delle colonne con elementi in acciaio.

5.1 OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO

5.1.1 Calcestruzzo per opere di fondazione tipo C 25/30

Resistenza cubica	R_{ck}	30 MPa
Resistenza cilindrica	f_{ck}	25 MPa
Resistenza di progetto a compressione	f_d	14.16 MPa
Resistenza di progetto a trazione	f_{ctd}	1.7 MPa
Massa volumica	γ	25 kN/m ³
Modulo di Young	E	31475 MPa
Classe di esposizione	XC2	
Classe di consistenza	S4	
Coefficiente di sicurezza	γ_s	1.5

5.1.2 Calcestruzzo strutturale alleggerito con argilla espansa per elevazione tipo LC 30/33

Resistenza cubica	R_{ck}	33 MPa
Modulo di Young	E	21000 MPa
Massa volumica	γ	18 kN/m ³
Classe di esposizione	XC3	
Classe di consistenza	S4	
Coefficiente di sicurezza	γ_s	1.5

5.1.3 Acciaio per C.A. tipo B450C

Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450 MPa
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	540 MPa
Resistenza di progetto	f_d	391.3 MPa
Modulo di Young	E	206000 MPa
Coefficiente di sicurezza	γ_s	1.15

5.1.4 Legno massiccio (castagno):

Classi di resistenza e profili caratteristici del legno massiccio conformi alla UNI EN 338 e alla UNI EN 11035.

Classe di resistenza: S

Resistenza caratteristica a flessione:	$f_{m,k}$	28 MPa
Resistenza a trazione parallela alla fibratura:	$f_{t,0,k}$	17 MPa
Resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura:	$f_{t,90,k}$	0.50 MPa
Resistenza a compressione parallela alla fibratura:	$f_{c,0,k}$	22 MPa
Resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura:	$f_{c,90,k}$	3.8 MPa
Resistenza caratteristica a taglio:	$f_{v,k}$	2.0 MPa
Modulo elastico medio parallelo alle fibre:	E_{mean}	11000 MPa
Modulo elastico caratteristico:	$E_{0,05}$	8000 MPa
Modulo di taglio medio:	$G_{g,mean}$	950 MPa
Massa volumica caratteristica:	ρ_k	550 daN/m ³
Coefficiente di sicurezza	γ_s	1.3

5.1.5 Acciaio per piastre e profili S275

Acciaio S275 rispondente alle caratteristiche meccaniche e tecnologiche conformi UNI EN 10025-2:

Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{y,k}$	275 N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura:	$f_{t,k}$	430 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza	γ_s	1.25

5.1.6 Bulloni e viti:

Bulloni classe 8.8 secondo norme UNI 3740

Resistenza a rottura per trazione:	f_{tb}	800 MPa
Resistenza allo snervamento:	f_{yb}	640 MPa
Resistenza di calcolo :	f_d	640 MPa
Coefficiente di sicurezza	γ_{M2}	1.25

Copriferro

- 3.0 cm per strutture in fondazione
- tolleranza +/- 1 cm

Si riportano di seguito le caratteristiche delle opere esistenti.

5.2 OPERE IN MURATURA

In funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, dell'analisi storica e delle indagini sperimentali effettuate sulla costruzione in muratura, le NTC 2008 definiscono diversi livelli di conoscenza.

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esauritive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esauritive prove in-situ	Tutti	1.00

Secondo quanto riportato al paragrafo C8A.1.A.4, nel calcolo si assume che il livello di conoscenza raggiunto per la struttura in oggetto è **LC1** in quanto è stato effettuato il rilievo geometrico della struttura, *limitate* indagini sui dettagli costruttivi ed indagini in sito *limitate* sulle proprietà dei materiali basate principalmente su esami visivi della superficie muraria.

Ad ogni livello di conoscenza corrisponde un fattore di confidenza FC pari a **1.35** nel caso in esame.

I valori dei parametri caratteristici della muratura dell'elevazione della loggia sono stati ripresi dalla tabella C.8A.2.1 delle NTC per muratura in mattoni pieni e malta di calce scegliendo per le resistenze i valori minimi degli intervalli e per le rigidezze i valori medi, come indicati in tab. C8A.1.1 per LC1.

5.2.1 Muratura in mattoni pieni e malta di calce

Resistenza caratt. a compressione della muratura	f_k	240 N/cm ²
Resistenza caratt. a taglio della muratura	$f_{vk,0}$	6 N/cm ²
Valore medio del modulo di elasticità normale	E	1500 N/mm ²
Valore medio del modulo di elasticità tangenziale	G	500 N/mm ²
Peso specifico medio della muratura	w	18 kN/m ³

I parametri meccanici di calcolo della muratura si determinano a partire da quelli caratteristici dividendo per il fattore di confidenza FC e per il coefficiente parziale di sicurezza γ . Secondo quanto riportato in tab.4.5.II per muratura esistente con elementi resistenti di categoria II e ogni tipo di malta, per le verifiche statiche si considera $\gamma=3$. Per le verifiche sismiche, invece, stante al 7.8.1.1 delle NTC 2008 si considera $\gamma=2$. I parametri meccanici di calcolo, infine, sono ottenuti moltiplicando per i coefficienti correttivi della tab. C8.A.2.2 che dipendono dalle caratteristiche proprie della muratura e dagli interventi previsti in fase di progetto.

Dalle indagini visive effettuate si può affermare che la muratura dei pilastri della loggia è caratterizzata da “malta buona” a cui corrisponde per la muratura in esame, un fattore correttivo pari a 1.5. Considerando lo stato deformativo attuale delle colonne, appare comunque poco cautelativo considerare tale fattore per la sua interezza. Si è scelto quindi di utilizzare un valore dello stesso pari a 1.3.

I valori delle resistenze di calcolo della muratura allo stato di fatto sono:

- **Per verifiche statiche ($\gamma=3$)**

Resistenza di calcolo a compressione della muratura:	$f_d = 77.04$ N/cm ²
Resistenza di calcolo a taglio della muratura:	$f_{vd,0} = 1.93$ N/cm ²

- **Per verifiche sismiche ($\gamma=2$)**

Resistenza di calcolo a compressione della muratura:	$f_d = 155.56$ N/cm ²
Resistenza di calcolo a taglio della muratura:	$f_{vd,0} = 2.89$ N/cm ²

Allo stato di progetto, nei pilastri in muratura della loggia si prevede di realizzare un “cerchiaggio” realizzato con dei piatti longitudinali in acciaio lungo l’intera altezza collegati da fasce in acciaio opportunamente serrate. Tale intervento contribuisce ad incrementare la resistenza a compressione e a pressoflessione della muratura. L’effetto della cerchiatura dei pilastri suddetta, è assimilabile ad un intervento intermedio tra quello di una “connessione

trasversale” e quello di un “*intonaco armato*” e quindi, stante la tabella C8A.2.2, per muratura in mattoni pieni e malta di calce si è scelto di applicare un coefficiente correttivo intermedio tra 1.3 ed 1.5 pari ad 1.4.

I valori delle resistenze di calcolo della muratura allo stato di progetto sono:

- **Per verifiche statiche ($\gamma=3$)**

Resistenza di calcolo a compressione della muratura: $f_d = 107.85 \text{ N/cm}^2$

Resistenza di calcolo a taglio della muratura: $f_{vd,0} = 2.70 \text{ N/cm}^2$

- **Per verifiche sismiche ($\gamma=2$)**

Resistenza di calcolo a compressione della muratura: $f_d = 161.78 \text{ N/cm}^2$

Resistenza di calcolo a taglio della muratura: $f_{vd,0} = 4.04 \text{ N/cm}^2$

Per quanto riguarda la muratura di fondazione della loggia, costituita da un muro di spessore circa 1.00 m, osservando il saggio effettuato a partire dal piano campagna fino ad una profondità di circa 2.00 m, si è scelto di considerare una muratura in pietrame disordinato. In fase di progetto si prevede di porre in opera sulla stessa delle piastre in acciaio funzionanti come “capochiavi”, al fine di ancorare mediante tiranti in acciaio il sistema di cerchiatura realizzato sul pilastro. Prima di installare le piastre, la muratura di fondazione verrà localmente consolidata con *iniezioni di miscele leganti*. Secondo la tabella C8A.2.2, ad una muratura in pietrame disordinato soggetto a tale intervento corrisponde un fattore amplificativo di 2. Come per la muratura dell’elevazione della Loggia, inoltre, il fattore di confidenza è quello relativo ad un livello di conoscenza LC1 cioè $FC=1.35$ e si è scelto per le resistenze i valori minimi degli intervalli nella tabella C8A.2.1 come indicato in tab. C8A.1.1 per LC1.

I valori delle resistenze di calcolo della muratura allo stato di progetto sono:

- **Per verifiche sismiche ($\gamma=2$)**

Resistenza di calcolo a compressione della muratura: $f_d = 74.07 \text{ N/cm}^2$

Resistenza di calcolo a taglio della muratura: $f_{vd,0} = 1.48 \text{ N/cm}^2$

6 MATERIALI IMPIEGATI

6.1 INERTI

Gli inerti naturali o di frantumazione saranno costituiti da sabbia lavata e ben granata, ghiaietto vagliato e lavato, ghiaia vagliata e lavata.

Dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- essere resistenti al gelo;
- essere non friabili;
- assenza di sostanze organiche, limose, argillose;
- non dovranno produrre reazioni nocive con il cemento ed i suoi prodotti di idratazione.

6.2 ACQUA

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003; deve essere limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva.

6.3 CEMENTO

Nelle opere in oggetto devono essere impiegati cementi di tipo "425" opportunamente dosati e verranno accettati dalla Direzione dei Lavori, solo se provvisti del marchio ICITE-CNR che ne garantisce la qualità secondo le vigenti disposizioni di legge.

6.4 ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO

L'acciaio sarà del tipo non controllato in stabilimento, ad aderenza migliorata rispondente alle caratteristiche previste al paragrafo 11.3.2.1 "Acciaio per cemento armato B450C" del D.M. 14.01.2008. Esso sarà accettato dalla D.L. solo se munito del certificato di origine della ferriera e del relativo certificato di un laboratorio ufficiale riferentesi al tipo di acciaio di cui trattasi e di data non anteriore a tre mesi rispetto a quella di spedizione.

Per la definizione dei Laboratori Ufficiali riconosciuti validi al fine del rilascio di certificazioni di prova sui materiali si rimanda all'art. 20 della L. 5.11.1971 n. 1086.

Perugia, 16 Ottobre 2017

I progettisti

Ing. Gian Piero Bolletti

ing. Massimo Tosti